Christina Will

Eine Methode zur Planung eines produktlebenszyklusorientierten Produktmodells von Anlagen für die physikalische Grundlagenforschung

SHAKER VERLAG

Eine Methode zur Planung eines produktlebenszyklusorientierten Produktmodells von Anlagen für die physikalische Grundlagenforschung

Vom Fachbereich Maschinenbau
an der Technischen Universität Darmstadt
zur
Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte

Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Christina Will
aus Sangerhausen

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. R. Anderl
Mitberichterstatter: Prof. Dr. K. Langanke
Tag der Einreichung: 01.02.2018
Tag der mündlichen Prüfung: 22.05.2018

Darmstadt 2018

Forschungsberichte aus dem Fachgebiet
Datenverarbeitung in der Konstruktion

Band 62

Christina Will

Eine Methode zur Planung eines produktlebens-zyklusorientierten Produktmodells von Anlagen für die physikalische Grundlagenforschung

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2018

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2018

Copyright Shaker Verlag 2018
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6253-3
ISSN 1435-1129

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort des Herausgebers

Die Synthese von fachdomänenspezifischen Entwicklungs-und Konstruktionsmethoden bietet vielfältige Leistungs-und Innovationspotentiale, deren Nutzung durch die modernen Informations-und Kommunikationstechnologien unterstützt wird. Dies ist jedoch nur unter der Voraussetzung möglich, dass theoretische Grundlagen zum Einsatz dieser Methoden und Technologien vorliegen und diese wissenschaftlich abgesichert sind. Der Transfer dieser wissenschaftlichen Forschungsergebnisse in Praxisanwendungen sichert deren Nachhaltigkeit und ist Grundlage für eine abgestimmte Kooperation zwischen Forschung und Industrie.

Vor diesem Hintergrund informiert diese Schriftenreihe über aktuelle Forschungsergebnisse des Fachgebietes Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) des Fachbereichs Maschinenbau an der Technischen Universität Darmstadt. Die wissenschaftliche Durchdringung innovativer, interdisziplinärer und integrierende Produktentwicklungsprozesse und darauf aufbauend die Konzeption neuer rechnergestützter Methoden für die Entwicklung und Konstruktion von Produkten ist Ziel dieser Arbeiten.

Einen besonders interessanten Gesichtspunkt bietet die Verbindung von naturwissenschaftlich-theoretischen, funktionsorientierten Simulationen mit den daraus resultierenden Produkten, die unter der Beteiligung unterschiedlichster Fachdomänen entwickelt und betrieben werden.

Von ingenieurwissenschaftlicher Seite wird dieses Bemühen durch die Entwicklung von Methoden und Vorgehensweisen zur systematischen Analyse und Verbesserung der Produkte und Prozesse in den Phasen des Produktlebenszyklus unterstützt. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, nicht nur die einzelnen domänenspezifischen Komponenten zu betrachten, sondern das gesamte komplexe System in seinem Zusammenhang zu erkennen und in die Entwicklung von übergreifenden Methoden einzubeziehen.

In ihrer Dissertation entwickelt Frau Will einen Ansatz zur systematischen und strukturierten Betrachtung von Simulationsergebnissen, den daraus resultierenden Produkten und zugehörigen Prozesse, sowie von verfügbaren spezifischen Informationen für Anlagen in der physikalischen Grundlagenforschung. Diesen Ansatz setzt sie durch die Entwicklung einer Methode für die Planung eines produktlebenszyklusorientierten Produktmodells um. Ziel ist es, einen definierten Transfer der Simulationsergebnisse in technische Produkte zu ermöglichen und somit eine Planungsgrundlage für den spezifischen Produktlebenszyklus im Forschungsumfeld zu schaffen.

Durch das darauf aufbauende Planungssystem konnte die Anwendbarkeit des Ansatzes nachgewiesen werden. Damit zeigt Frau Will eine neue Möglichkeit für den Übergang von der theoretisch-physikalischen Simulation zur kooperativen technischen Produktentstehung auf und ermöglicht eine effektive rechnergestützte Planung eines produktlebenszyklusorientierten Produktmodells im Umfeld von physikalischen Großforschungsanlagen auf Basis einer synthetisierenden Betrachtung fachdomänenspezifischer Anlagenteile.

Darmstadt, im September 2018 Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl

Vorwort der Autorin

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner beruflichen Tätigkeit als Leiterin der Organisationseinheit Engineering Mechanical Integration (MIN) im GSI Helmholzzentrum für Schwerionenforschung in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) des Fachbereichs Maschinenbau an der technischen Universität Darmstadt.

Besonderer Dank gebührt an erster Stelle meinem Doktorvater Herrn Professor Dr.-Ing. Reiner Anderl, dem Leiter des Fachgebietes DiK, für die fachliche Unterstützung sowie seine konstruktiven Anregungen bei der Erstellung dieser Dissertation. Herrn Professor Dr. Karlheinz Langanke, dem Forschungsdirektor des GSI Helmholzzentrums, danke ich für die Übernahme des Koreferates und die damit verbundene kritische Durchsicht meiner Dissertation.

Ein herzlicher Dank gilt meinen Freunden, Kolleginnen und Kollegen am GSI, die durch ihre Unterstützung und durch die zahlreichen Diskussionen konstruktiv zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Hier möchte ich besonders bei Herrn Dr.-Ing. Ralf Fuchs, Herrn Dr. Carsten Mühle und Frau Dr. Angela Bräuning-Demian für die intensiven, zahlreichen und rückkoppelten Gespräche bedanken. Durch die richtungsweisenden Anstöße dieser Kollegin und dieser Kollegen wurde die Erstellung meiner Arbeit überhaupt möglich.

Weiterhin möchte ich Frau Dipl.-Ing. Eva Zlatinov danken, die mir die Grundlagen der Visual Basic Programmierung vermittelt und mich jederzeit bei datentechnischen Fragen fachlich unterstützt hat.

Frau Dr.-Ing. Susanne Sprenger danke ich für ihre inhaltlichen Anregungen, Frau Brigitte Gerber, Frau Stefanie Lüttges, Herr Lucas Kremke, Frau Dr. Birgit Kindler und Herrn Wolfang Jacoby danke ich für den geduldigen Beistand und das unermüdliche Korrekturlesen bei dieser Arbeit.

Nicht zuletzt danke ich meiner Familie für die zahlreichen Hinweise zur Verbesserung dieser Arbeit und ihre Aufmunterung in kritischen Phasen.

Roßdorf, im September 2018 Christina Will

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 1
1.1 Das Projekt „Facility for Antiproton and Ion Research“ ... 2
1.2 Ausgangssituation und Motivation ... 6
1.3 Zielsetzung ... 7
1.4 Aufbau der Dissertation ... 9
2 Stand der Technik ... 11
2.1 Prozesse ... 12
2.2 Phasenmodelle ... 13
2.2.1 V- Modell und W- Modell ... 13
2.2.2 Requirement, Function, Logic und Physical – Ansatz ... 15
2.2.3 Stage-Gate-Modell ... 17
2.3 Produktlebenszyklus ... 19
2.4 Modellbasiertes Systems Engineering ... 21
2.5 Produktinformationsmanagement ... 26
2.6 Ordnungssysteme ... 31
2.7 Wissensmanagement ... 34
2.7.1 Systemrelevantes Wissen (SRW) ... 37
3 Spezifika der Entwicklung von Anlagen der physikalischen Grundlagenforschung ... 40
3.1 Physikalisches Systemdesign ... 41
3.1.1 Benennung der Funktionen ... 41
3.1.2 Simulation ... 42
3.1.3 Ergebnisse der Simulationen ... 44
3.2 Zweckbindung ... 45
3.3 Kundenbeziehung und Marketing ... 46
3.4 Projektentscheidungen unabhängig vom Forschungszentrum ... 47
3.5 „Return of Invest“ ... 49
3.6 Vorgehensweise ... 50
3.7 Produktlebenszyklus (PLZ) in einer Hand ... 51
3.8 Kalkulation und Produktion von Komponenten ... 52
3.9 Internationale Entwicklung in anderen Forschungseinrichtungen ... 53
3.10 Personalmobilität ... 55
3.11 Fazit zu Kapitel 2 und 3 ... 56
4 Handlungsbedarf für die Methode und Definition der Anforderungen ... 59

4.1 Handlungsbedarf zur Systematisierung der Prozesse ... 60
4.2 Handlungsbedarf zur Systematisierung der Komponenten ... 62
4.3 Handlungsbedarf zur Systematisierung der Subsysteme ... 64
4.4 Handlungsbedarf zur Systemmodellierung ... 65
4.5 Handlungsbedarf zur Sicherung des Know-how ... 67
4.6 Fazit ... 68
5 Konzept ... 70
5.1 Begriffe ... 71
5.2 Phasenorientierte Produktsteuerung (PPS) ... 73
5.3 Funktionsabhängige Komponentensystematisierung (FKS) ... 83
5.4 Objektorientierte Systemdarstellung (OOS) ... 86
5.5 Integrierende Systemmodellierung (ISM) ... 88
5.6 Fazit ... 92
6 Implementierung der Methode zur Planung des Produktmodells ... 94
6.1 Systemarchitektur der funktionalen Bestandteile ... 95
6.2 Auswahl der IT Werkzeuge ... 96
6.2.1 Werkzeug zur Darstellung der Subsysteme ... 96
6.2.2 Werkzeug zur grafischen Modellierung ... 96
6.2.3 Programmierumgebung für das Planungssystem ... 97
6.3 Implementierung der Integrierenden Systemmodellierung ... 97
6.4 Implementierung des Planungssystems „BePlan“ ... 98
6.5 Fazit ... 103
7 Validierung ... 105
7.1 Beispiel zur Validierung ... 106
7.2 Beteiligte am Entwicklungsprozess ... 108
7.3 Validierung der integrierenden Systemmodellierung ... 110
7.4 Analyse der Subsysteme und der Erweiterung des Produktmodells ... 113
7.5 Validierung der Integration der Erfordernisse der Phasenorientierten Produktsteuerung ... 115
7.6 Fazit ... 117
8 Ausblick ... 121
9 Zusammenfassung ... 123
Literaturverzeichnis ... 127
Anhang ... 136

I. Einbindungsschemata 136
II. Klassifikationsschema 143